

Matti Lähtinen

SUUNNITTELUOHJE

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2018

SUUNNITTELUOHJE

Lähtinen, Matti
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 0

Asiasanat: Lämmön siirtyminen, Paineastiat, Suunnittelu, Ohjeet

Opinnäytetyön aiheena oli Vahterus Oy:n suunnitteluosastolla käytössä olevan suunnitteluohjeen päivittäminen. Lisäksi suunnitteluohjeelle luotiin uusi käyttöliittymä.

Suunnitteluohjeen laajan kokonaisuuden vuoksi tämän opinnäytetyön sisältö rajattiin käsittelemään lämmönsiirtimen perusosia ja niiden suunnittelua.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on käsitelty termodynamiikan perusteita ja lämmönsiirtymisen eri muotoja yleisellä tasolla. Raportissa on esitelty yleisimmät lämmönsiirrintyytit ja niiden toiminta. Lisäksi on kerrottu Vahterus Oy:n Plate & Shell- lämmönsiirtimien toiminnasta, ominaisuuksista ja eri sovelluksista.

Suunnitteluohjeen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi tässä raportissa on käsitelty lämmönsiirtimen perusosat ja niiden suunnittelu vain yleisellä tasolla. Varsinainen suunnitteluohje pidettiin salassa ja erillään tästä raportista.

DESIGN GUIDELINE

Lähtinen, Matti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

April 2018

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 37

Appendices: 0

Keywords: Thermodynamics, Pressure vessel, Design, Guideline

The purpose of this thesis was to update and create a new user interface for design guideline which is used in Vahterus ltd design department.

Because the whole guideline includes large amount of information, the content of this thesis is limited to introduce heat exchanger basic parts and their design.

In theoretical part of this thesis is told about basics of thermodynamics and different forms of heat transfer in general level. General types of heat exchangers and Vahterus ltd plate & shell- heat exchangers actions, features and applications are introduced in this thesis.

Because there is confidential information contained in the design guideline, in this report is introduced the basic components of the heat exchanger and their design only in general level. The actual design guideline was kept secret and separate from this report.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	VAHTERUS OY	6
2.1	Yritys.....	6
2.2	Liiketoiminta-alueet	6
3	LÄMMÖN JOHTUMINEN	7
3.1	Konvektio.....	8
3.2	Säteileminen.....	9
3.3	Konduktio	10
4	LÄMMÖNSIIRRIN	12
4.1	Rakenne ja toiminta	12
4.1.1	Putkilämmönsiirrin	14
4.1.2	Levylämmönsiirrin	15
4.1.3	Spiraalilämmönsiirrin	16
4.2	Vahterus Plate & Shell- levylämmönsiirrin	16
4.2.1	Sovellukset	19
5	SUUNNITTELUOHJE	20
5.1	Uusi suunnitteluohje	21
5.2	Microsoft Visio	22
5.3	Etusivu	23
5.4	Siirtimen osat	24
5.4.1	Vaippa	25
5.4.2	Siirrinpäädyt	26
5.4.3	Vaippayhteet	27
5.4.4	Pääty-yhteet	28
5.4.5	Virtausohjaimet	29
5.4.6	Levypakka	30
5.4.7	Isku- ja jakolevy	31
5.4.8	Nostokorvat ja -lenkit	32
5.4.9	Muhvit ja tulpat	33
5.4.10	Kilpi ja kilpiteline	34
5.4.11	Jalat	35
6	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET.....	37

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Vahterus Oy:n suunnitteluosastolla käytössä olevan suunnitteluohjeen päivittäminen, sekä suunnitteluohjeen käyttöliittymän uusiminen. Vahterus Oy on lämmönsiirriteknologiaan erikoistunut yritys, joka valmistaa hitsattuja levylämmönsiirtimiä Uudenkaupungin Kalannissa. Suunnitteluosastolla on käytössä suunnitteluohje, joka toimii apuna lämmönsiirtimeen suunnittelutyössä, sekä uusien työntekijöiden perehdytyksessä.

Uudelle suunnitteluohjeelle luodaan käyttöliittymä Vahterus Oy:n sisäiseen Intranet-tietoverkkoon. Uudistetun suunnitteluohjeen on tarkoitus helpottaa lämmönsiirtimeen suunnitteluun liittyvän tiedon löytymistä, sekä tarjota uusille suunnittelijoille selkeät johdannot suunnittelutyön eri vaiheisiin ja huomioitaviin asioihin.

Microsoft Visio- ohjelmalla luodaan käyttöliittymä, jonka valikoiden taakse suunnitteluohjeen sisältämä tieto on jaettu osa-alueittain. Tiedot ovat omina tiedostoinaan, jolloin uuden suunnitteluohjeen päivittäminen tulee helpottumaan. Uusi käyttöliittymä mahdollistaa myös siirtymisen suunnitteluohjeen ulkopuolelle yrityksen sisäisessä verkossa, jolloin aihealueisiin liittyvä lisätieto on löydettävissä yrityksen tietokannasta helposti linkkien välityksellä.

Suunnitteluohje sisältää lämmönsiirtimeen suunnitteluun liittyvän ohjeistuksen lisäksi paljon tietoa materiaaleista, suunnittelukoodeista ja lämmönsiirrinsovelluksista. Kokonaisuutena suunnitteluohjeen laajuus on liian suuri käsiteltäväksi yhdessä opinnäytetyössä. Tästä johtuen tämän opinnäytetyön sisältö on rajattu käsittelemään lämmönsiirtimeen perusosia, niiden suunnittelua ja valintaa.

2 VAHTERUS OY

2.1 Yritys

Mauri Kontu perusti lämmönsiirtimiä valmistavan yrityksen Kalannin Vahteruksen kylään vuonna 1990. Perustamispaikan mukaan yritys sai nimekseen Vahterus Oy. Yrityksen liiketoiminnan perusta on ollut alusta asti kokonaan hitsattu levylämmönsiirrin. Vahterus Oy toimii edelleen Kalannissa, tosin tuotanto on siirtynyt suurempiin tuotantotiloihin ja henkilöstön määrä on kasvanut muutamasta henkilöstä nykyiseen noin 250 työntekijään. Lisäksi Vahteruksella on myyntikonttori Raisiossa, sekä tuotantoa Kiinan Zhangjiagangin tehtaassa.

Vahteruksen jälleenmyyntiverkosto ulottuu yli 50 maahan. Tytäryhtiöt sijaitsevat Englannissa, Saksassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa. Vahteruksen valmistamista tuotteista 90 % menee vientiin. (Vahterus Oy www- sivut, 2018)

2.2 Liiketoiminta-alueet

Vahteruksella on kolme pääasiallista liiketoiminta-aluetta, joita ovat prosessi- ja kemiantekniikka, energia ja kylmätekniikka.

Plate & Shell- sovelluksia on käytössä prosessi- ja kemiantekniikan alalla jalostamoissa, lääketeollisuudessa, ruoka- ja juomateollisuudessa, lannoiteteollisuudessa, sekä paperi- ja selluteollisuudessa. Plate & Shell- lämmönsiirrin soveltuu prosessien hyötysuhteen parantamiseen hyvän lämmönsiirtotehokkuutensa ansiosta. Lämmönsiirtimen avulla prosessista saadaan otettua talteen lämpöä, jolloin energiatehokkuus paranee. Energiatehokkuuden lisäämisellä on suora vaikutus polttoaineen kulutukseen ja sitä kautta myös päästöjen vähentämiseen.

Energiasektorilla Plate & Shell- sovellukset ovat käytössä voimalaitoksissa, öljyn- ja kaasuntuotannossa jalostamoilla, sekä petrokemian laitoksilla. Voimalaitoksissa lämmönsiirrin voi toimii esimerkiksi syöttöveden esilämmityksessä tai höyrynlauhduttimena.

Vahteruksen Plate & Shell- lämmönsiirtimiä käytetään kylmätekniikan alueella esimerkiksi lämpöpumppusovelluksissa. Kylmätekniikassa on palattu takaisin

käyttämään luonnollisia kylmäaineita, joiden käyttöön Vahteruksen hitsattu, tiivisteetön levylämmönsiirrin soveltuu hyvin. Käyttökohteita kylmätekniikassa ovat esimerkiksi jäähallit, kylmävarastot, prosessien jäähdytys, elintarviketeollisuus ja ilmastointijärjestelmät. (Vahterus Oy [www-](http://www.vahterus.fi) sivut, 2018)



Kuva 1. Vahteruksen tuotantotiloja Kalannissa (Vahterus Oy [www-](http://www.vahterus.fi) sivut, 2018)

3 LÄMMÖN JOHTUMINEN

Lämpö johtuu molekyylien välittämänä kiinteässä aineessa, nesteessä tai kaasussa. Termodynamiikan nollannen pääsäännön mukaan toisiinsa kosketuksissa olevat kappaleet saavuttavat vähitellen saman lämpötilan, eli termodynaamisen tasapainotilan. Ilman ulkopuolista energiaa lämpö johtuu aina lämpimästä viileämpään päin. (Hautala & Peltonen 2001, 188).

Tilanteessa, jossa kahdella väliaineella on eri lämpötilat ja ne joutuvat keskenään vuorovaikutukseen, syntyy niiden välille lämpövirta. Syntynyttä lämpövirtausta kutsutaan lämmön siirtymiseksi. Lämmön siirtyminen voi tapahtua kolmella eri tavalla. Johtumalla (konduktio), kulkeutumalla (konvektio) tai säteilemällä. (Wagner 1994, 13).

3.1 Konvektio

Konvektiossa lämpö siirtyy nesteessä tai kaasussa niiden virtauksen mukana. Neste tai kaasu virtaa kiinteän kappaleen ohitse, jolla on eri lämpötila kuin virtaavalla aineella. Kun neste virtaa lämmitysvastuksella lämmitetyssä putkessa, siirtyy lämpö nesteen mukana konvektion avulla.

Toinen esimerkki konvektiosta on jäähdytyslaite, jonka putkistossa virtaa höyrystynyt kylmäaine. Puhaltimen puhaltama ilma virtaa putkiston läpi putkien ulkopuolelta, jolloin konvektio aiheuttaa ilmapirran jäähtymisen.

Konvektiota on kahta erilaista tyyppiä, vapaata ja pakotettua. Vapaassa konvektiossa lämpötilaero saa aikaan lämmön siirtymisen. Omakotitalossa, jonka lämmityskattila sijaitsee kellarissa ja lämmityspatterit ylempänä asuinhuoneistossa, voidaan antaa järjestelmän toimia ns. vapaalla kierrolla. Tässä tapauksessa on kyse lämpötilaeron aiheuttamasta vapaasta konvektiosta. Pakotetussa konvektiossa lämmönsiirtyminen nesteen tai kaasun mukana tapahtuu ulkoisen voiman avulla. Omakotitalon lämmitysjärjestelmän vapaa konvektio muuttuu pakotetuksi, kun käynnistetään kiertovesipumppu. Lämmön siirtymiselle kiinteän aineen ja nesteen välillä konvektion avulla on voimassa yhtälö (kaava 1.)

$$q = h A \Delta T$$

$$q = \text{siirtynyt lämpömäärä}$$

$$h = \text{lämmönsiirtymiskerroin (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$A = \text{pinta – ala}$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero}$$

Lämmönsiirtymiskerroin h on eri, kuin materiaalin lämmönjohtavuus λ , joka esiintyy Fourierin lain lämmönjohtavuuden kaavassa. Lämmönsiirtymiskerroin h ei ole materiaalin ominaisuus, vaan se on riippuvainen lämpötilan ja paineen lisäksi kiinteän aineen geometriasta, kiinteän aineen pinnankarheudesta, virtauksen tyypistä (laminaarinen tai turbulenttinen) ja turbulenttisuuden määrästä. Laminaarisessa virtauksessa kaikki virtaus kulkee samaan suuntaan. Turbulenttinen virtaus sisältää pyörteitä, jolloin virtausten suunta on vaihtelevaa. Lämmön siirtymisen kannalta turbulenttinen virtaus on tavoiteltavaa, koska siinä lämpö siirtyy tehokkaimmin. (Serth 2007, 44).

3.2 Säteileminen

Lämpösäteily, toiselta nimeltään terminen säteily, siirtää energiaa sähkömagneettisten aaltojen välityksellä. Lämmön siirtyminen säteilemällä ei tarvitse väliainetta lämmön kuljettamiseen. Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen, (0 K) yläpuolella, lähettävät ympäristöönsä sähkömagneettista säteilyä. Säteily kulkee valon nopeudella ja säteilyn sisältämällä sähkömagneettisilla aalloilla voi olla eri aallonpituuksia. Lämpösäteilyn aallonpituus vaihtelee välillä $\lambda = 0,8 - 400 \mu\text{m}$. Aallonpituusalueen näkyvällä alarajalla on valo, jonka aallonpituus on välillä $\lambda = 0,35 - 0,75 \mu\text{m}$. Lämpötilan noustessa riittävän korkeaksi, muuttuu terminen säteily näkyväksi ja sen energian määrä lisääntyy merkittävästi. Sähkömagneettisen säteilyn kohdatessa ainetta se heijastuu, läpäisee, tai absorboituu (imeytyy) aineeseen. Heijastunut tai läpäissyt säteily ei siirrä lämpöä mukanaan. Ainoastaan absorptiossa sähkömagneettisen säteilyn sisältämä energia siirtää kappaleeseen lämpöä. Sähkömagneettisen säteilyn heijastumista, läpäisyä ja absorptiota voidaan kuvailla spektrisellä heijastus-, läpäisy- ja absorptiosuhteella. Edellä mainitut suhteet ovat riippuvaisia aallonpituudesta. Voimassa on yhtälö (kaava 2.)

$$\rho(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

$\rho(\lambda)$ = spektrinen heijastussuhde

$\alpha(\lambda)$ = spektrinen absorptiosuhde

$\tau(\lambda) = \text{spektrinen läpäisysuhde}$

Kiinteillä ja nestemäisillä aineilla kerroksen ei tarvitse olla kovin paksu, jotta se muuttuu läpäisemättömäksi. Nesteillä kerroksen paksuus on noin 1 mm ja metalleilla vastaavasti 1 μm . Kiinteitä ja nestemäisiä kappaleita tarkasteltaessa on voimassa seuraava yhtälö (kaava 3.)

$$\alpha + \rho = 1$$

$\alpha(\lambda) = \text{spektrinen absorptiosuhde}$

$\rho(\lambda) = \text{spektrinen heijastussuhde}$

Lämpösäteilystä puhuttaessa käytetään kappaleista nimityksiä niiden absorptio-ominaisuuksien mukaan. Musta kappale imee itseensä kaiken siihen kohdistuvan säteilyn. Toisessa ääripäässä valkoinen kappale heijastaa kaiken siihen kohdistuvan säteilyn. (Hautala & Peltonen 2001, 174-175; Wagner 1994, 117).

3.3 Konduktio

Perehdytään seuraavaksi konduktioon, eli lämmön johtumiseen. Valurautaisen paistinpannun kädensija muuttuu jonkin ajan kuluttua polttavan kuumaksi, koska liedellä lämmitettävän osan ja kädensijan välille syntynyt lämpötilaero pyrkii tasoittumaan. Paistinpannun kädensija lämpenee melko nopeasti, sillä metallit johtavat tehokkaasti lämpöä. Metallien hyvä lämmönjohtavuus perustuu elektronien vapaaseen liikkumiseen. Eristävissä materiaaleissa, kuten puussa lämmönjohtavuus perustuu atomien värähtelyyn. Atomien värähtely ei siirrä lämpöä yhtä tehokkaasti, kuin elektronien liikehdintä.

Fourierin lämmönjohtavuuskaavalla kuvataan poikkipinnan läpi siirtyvän lämpövirran määrää. (Kaava 4.)

$$\phi = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$-\lambda = \text{materiaalin lämmönjohtavuus, } W/(m \cdot k)$

$\frac{\Delta T}{\Delta x} = \text{gradientti, lämpötilan lasku pituus yksikköä kohti}$

$A = \text{poikkipinta} - \text{ala}$

Materiaalin lämmönjohtavuus on kaavassa miinusmerkkinen, koska lämpö johtuu korkeammasta lämpötilasta matalampaan päin. Tilanteessa, jossa lämpö siirtyy pinnalta toiselle materiaalikerroksen läpi, voidaan soveltaa yhtälöä (kaava 5.)

$$\phi = -\lambda A \frac{T_2 - T_1}{L}$$

$-\lambda = \text{materiaalin lämmönjohtavuus, } W/(m \cdot k)$

$A = \text{poikkipinta} - \text{ala}$

$L = \text{materiaalikerroksen paksuus}$

$T_2 - T_1 = \text{lämpötilaero}$

Edellinen yhtälö voidaan muuntaa muotoon (kaava 6.)

$$\phi = \frac{A(T_1 - T_2)}{M}, \quad \text{jossa } M = \frac{L}{\lambda}$$

M on materiaalikerroksen lämpöisolanssi, yksikkö $M = \text{Km}^2/\text{W}$. Lämpöisolanssista käytetään myös nimeä lämmönvastus. (Hautala & Peltonen 2001, 165-167).

4 LÄMMÖNSIIRRIN

4.1 Rakenne ja toiminta

Stationaarinen virtaussysteemi on järjestelmä, johon ei missään vaiheessa varastoidu ainetta, vaan aineen määrä pidetään vakiona tuomalla siihen yhtä paljon lisää ainetta, kuin siitä poistuu. Stationaarisessa virtaussysteemissä koko järjestelmän termodynaamiset ominaisuudet pysyvät muuttumattomina. Termodynaamiset ominaisuudet saattavat tosin vaihdella järjestelmän eri osissa. Stationaarisia virtaussysteemejä ovat esimerkiksi voimalaitosten turbiinit, pumput, kattilat ja lämmönsiirtimet. Stationaarisen virtaussysteemin periaatteen mukaisesti lämmönsiirtimeen virtaa jatkuvasti kaksi väliainetta, joilla on eri lämpötila. (Wiksten 1995, 10).

Lämmönsiirtimet, joissa väliaineet eivät sekoitu keskenään voidaan erotella kahteen eri päätyyppiin, regeneraattoreihin ja rekuperaattoreihin. Rekuperaattorissa väliaineet virtaavat lämpöä siirtävien pintojen eri puolilla, jolloin väliaineet eivät ole kosketuksissa, eivätkä sekoitu toisiinsa. Lämpö siirtyy lämpötilaeron vaikutuksesta lämpimämmästä viileämpään päin väliaineita erottavan seinämän kautta. Regeneraattorissa väliaineet kulkevat vuorotellen jonkin kiinteän rakenteen kautta. Rakenteeseen varastoitunut lämpö siirtyy viileämpään väliaineeseen sen kulkiessa vuorollaan rakenteen läpi. Regeneraattori voi toimia esimerkiksi kattilalaitoksessa palamisilman esilämmittimenä. Perinteiset lauhduttimet, höyrystimet, lämmittimet ja jäähdyttimet ovat kaikki rekuperaattoreita. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan rekuperaattori- periaatteella toimiviin lämmönsiirtimiin. Jatkossa käytetään rekuperaattorista yleisnimitystä lämmönsiirrin.

Lämmönsiirtimet voidaan suunnitella vasta-, myötä-, tai ristivirta lämmönsiirtimiksi. Vastavirta- lämmönsiirtimessä väliaineet virtaavat toistensa suhteen vastakkaisiin suuntiin lämmönsiirtopinnan eri puolilla. Vastavirtauksen seurauksena on mahdollista lämmittää viileämpi väliaine yli lämpimän väliaineen poistolämpötilan. Vastavirtauksella saadaan aikaan parempi lämmönsiirto kuin myötävirtauksella.

Myötävirtauksessa väliaineet virtaavat lämmönsiirtimessä samaan suuntaan toisiinsa nähden. Samaa suuntaa virtaavilla väliaineilla on suuri lämpötilaero

lämmönsiirtimeen tullessa, jonka jälkeen lämpötilaerot alkavat tasoittua asympotoottisesti.

Ristivirtauksessa toisen väliaineen virtaussuunta on poikittainen suhteessa toisen väliaineen virtaukseen. Lämmönsiirtimeen ominaisuutta siirtää lämpöä voidaan kuvata rekuperaatioasteella. Rekuperaatioaste voidaan laskea seuraavasta yhtälöstä (kaava 7.)

$$\varepsilon = \frac{\Delta T_{max}}{\theta_0}$$

ε = hyötysuhde, eli rekuperaatioaste

ΔT_{max} = heikomman ainevirran lämpötilamuutos

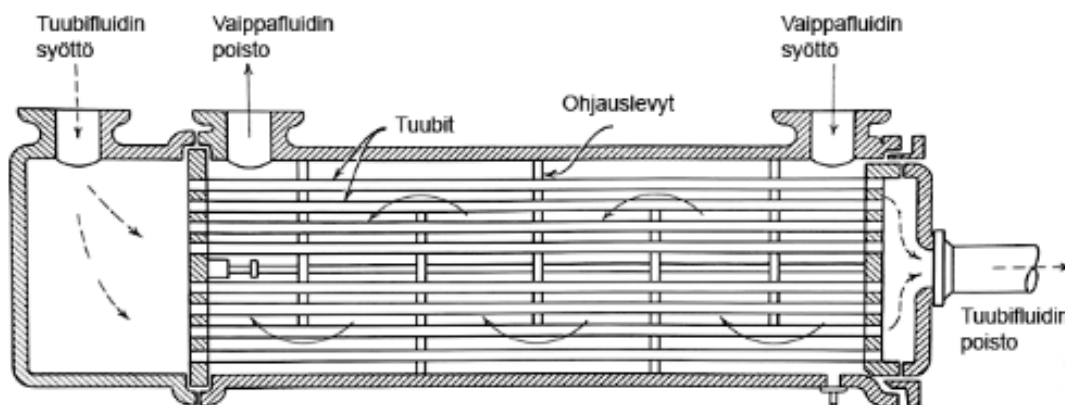
θ_0 = väliaineiden alkulämpötilaero

Lämmönsiirron kannalta tavoiteltava lopputulos on mahdollisimman suuri muutos väliaineiden lämpötiloissa. Parempaan rekuperaatioasteeseen pyrkiminen tarkoittaa yleensä suurempia lämmönsiirtopintoja. (Fagerholm 1986, 289-291).

Virtaukset voivat olla myös edellä mainittujen virtausten yhdistelmiä. Ohjaamalla toisen väliaineen virtaus useampaan kertaan toisen väliaineen virtauksen läpi, syntyy lämmönsiirtimeen saman aikaisesti myötä- ja vastavirtausta. Lämmön siirtämiseksi on kehitetty erilaisia teknisiä sovelluksia. Yleisimmät sovellukset ovat putkilämmönsiirrin, levylämmönsiirrin, sekä spiraalilämmönsiirrin. (Salminen & Pihkala 1980, 100-101).

4.1.1 Putkilämmönsiirrin

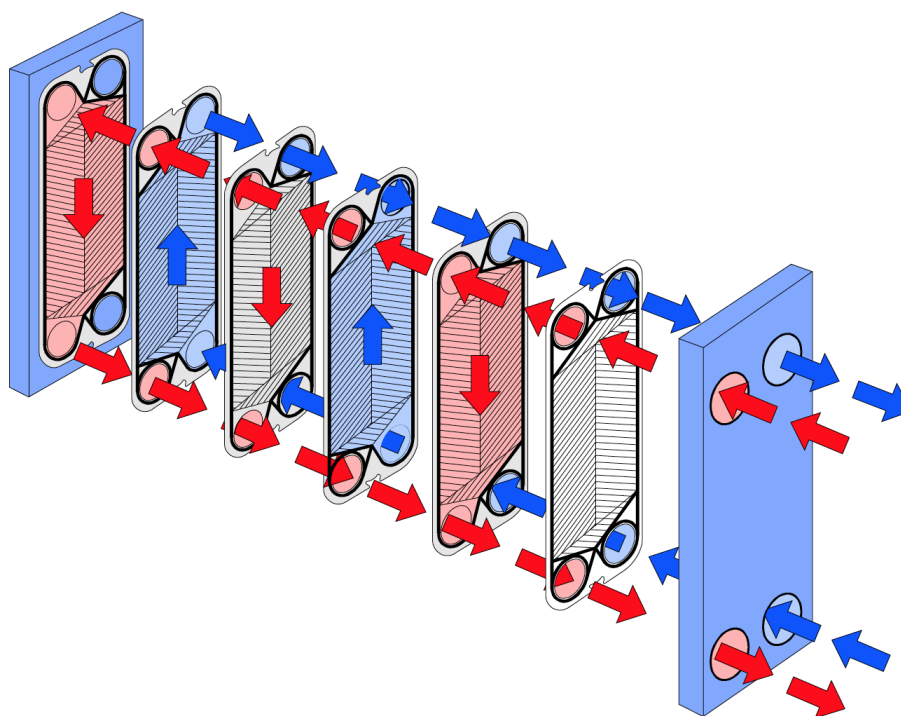
Putkilämmönsiirtimessä toinen virtaus kulkee vaippapuolella ja toinen siirrinputkista muodostuvassa putkipaketissa. Putkilämmönsiirtimessä siirrinputkiin ohjattava virtaus johdetaan kammioon, josta se jakaantuu tasaisesti siirrin putkiin, eli tuubeihin. Vaippapuolen virtaus ohjataan vaippaan samasta päästä, jos kyseessä on myötävirtaus. Vastavirtauksessa vaippapuolen virtaus johdetaan eri päästä, kuin putkipuolen virtaus. Lämmönsiirron tehostamiseksi voidaan siirtimen päädyt jakaa välilevyillä osiin, jolloin putkipuolen virtaus saadaan virtaamaan useamman kerran siirtimen läpi. Lisäämällä vaippapuolelle virtausohjaimia voidaan vaikuttaa virtausnopeuteen ja saada aikaan turbulenttista virtausta. Putkilämmönsiirtimen vaippa voi olla kokonaan hitsattu rakenne, tai avattavalla päädyllä, jolloin putkipaketti on mahdollista vetää ulos vaipasta huoltoa varten. (Salminen & Pihkala 1980, 103-104).



Kuva 2. Putkilämmönsiirrin (Salminen & Pihkala 1980, 103)

4.1.2 Levylämmönsiirrin

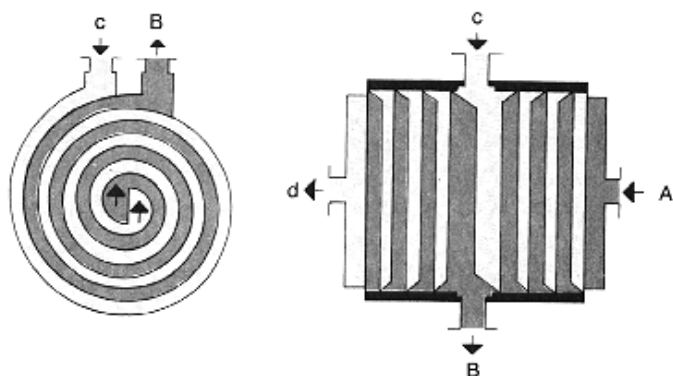
Levylämmönsiirtimen rakenne koostuu peräkkäin olevista lämmönsiirtolevyistä. Lämmönsiirtolevyjen muotoiltu pinta parantaa lämmönsiirto-ominaisuuksia ja muodostaa peräkkäin sijoitettujen levyjen väliin kanavat väliaineille. Väliaineet virtaavat vuorotellen levyjen välissä. Lämmönsiirtolevyt voivat olla muodoltaan suorakaiteen mallisia tai pyöreitä. Lämmönsiirtolevyjen reunoilla on tiivisteet, joilla levyt tiivistyvät toisiaan vasten. Levyt voivat olla myös hitsattu toisiinsa kiinni, jolloin tiivisteitä ei tarvita. Levylämmönsiirrin voi koostua pelkästään vaarujen avulla peräkkäin puristetuista lämmönsiirtolevyistä, tai lämmönsiirtolevyt voivat olla hitsattu toisiinsa ja sijaita erillisen ulkovaipan sisällä. (Salminen & Pihkala 1980, 102).



Kuva 3. Levylämmönsiirtimen rakenne ja toiminta (Google- kuvahaku, 2018)

4.1.3 Spiraalilämmönsiirrin

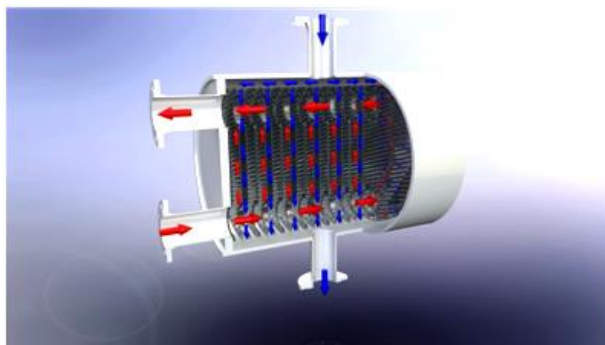
Spiraalilämmönsiirtimen rakenne muodostuu kahdesta levystä, jotka kiertyvät spiraalin muotoisesti toistensa ympärille. Levyjen väliin jää kanavat väliaineiden virtauksille. Väliaineet virtaavat vuorotellen joka toisessa levyvälissä. (Salminen & Pihkala 1980, 103).



Kuva 4. Spiraalilämmönsiirrin (Salminen & Pihkala 1980, 103)

4.2 Vahterus Plate & Shell- levylämmönsiirrin

Vahterus Plate- & Shell- lämmönsiirtimessä on siirrinlevypareista koostuva levypakka, joka sijaitsee lieriömäisen ulkovaipan sisällä. Levypakassa siirrinlevyt on hitsattu kiinni toisiinsa, joten rakenne on kokonaan tiivistetty. Lämmönsiirtimessä levypakka ja vaippa muodostavat ensiö- ja toisiopuolen. Ensiö- ja toisiopuoli voivat vaihdella sovelluksen mukaan. Väliaineet johdetaan lämmönsiirtimeen yhdeputkien kautta. Levypakan virtaus kulkee levypakan sisällä ja vaipan virtaus levypakan läpi.

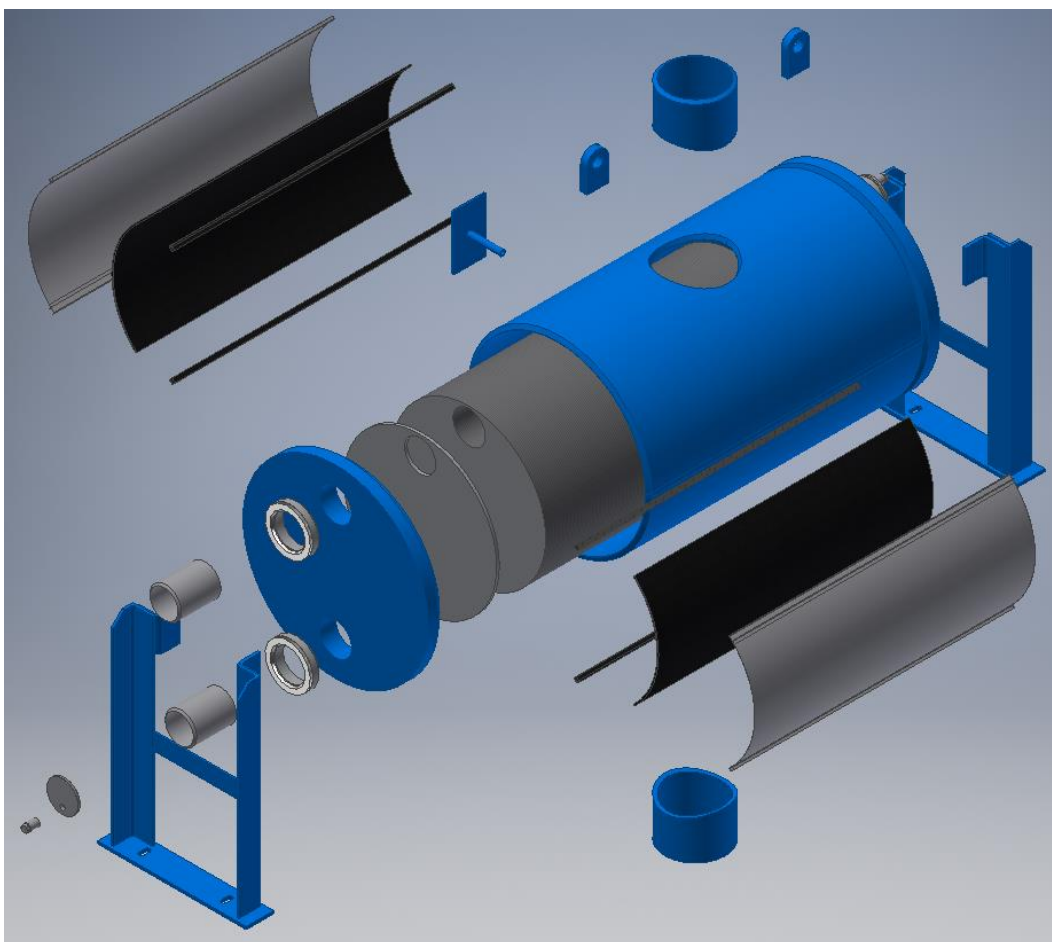


Kuva 5. Virtaukset lämmönsiirtimessä (Google- kuvahaku, 2018)

Plate- & Shell- lämmönsiirrin voidaan suunnitella tarpeen mukaan vasta-, myötä-, tai ristivirtaussiirtimeksi. Lämmönsiirron tehokkuutta on mahdollista parantaa lisäämällä vetoja levypakka- ja vaippapuolen virtauksille. Vetojen määrä tarkoittaa kertojen määrää, jonka ensiö- tai toisiopuolen virtaus kulkee toisen virtauksen läpi. Lämmönsiirrin voi olla useampi vetoinen samaan aikaan ensiö- ja toisiopuolelta. Siirrinlevyt muodostavat suuren lämmönsiirtopinta-alan, joten Plate & Shell- lämmönvaihdin on ulkomitoiltaan pienempi verrattuna vastaavaan putkilämmönsiirtimeen. Tiivisteetön, hitsattu rakenne mahdollistaa suuret käyttöpaineet ja lämpötila-alueet.



Kuva 6. Vahterus Plate & Shell- lämmönsiirrin (Vahterus Oy, 2018)



Kuva 7. Räjätyskuva (Autodesk Inventor, 2018)

Vahterus Plate & Shell- lämmönsiirtimen perusosat ovat:

- Vaippa
- Siirrinpäädyt
- Vaippayhteet
- Pääty-yhteet
- Virtausohjaimet
- Levypakka
- Isku- ja jakolevy
- Nostokorvat ja -lenkit
- Muhvit ja tulpat
- Kilpi- ja kilpiteline
- Jalat

4.2.1 Sovellukset

Vahteruksen lämmönsiirtimillä on erilaisia sovelluksia asiakkaan käyttötarkoituksen mukaan. Plate & Shell- lämmönsiirrin voi toimia lauhduttimena (Condenser), höyrystimenä (Evaporator), jäähdyttimenä (Cooler) tai lämmittimenä (Heater). Höyrystinsovellus voi olla märkähöyrystin (Flooded Evaporator), tai kuivahöyrystin (DX- Evaporator). Tarpeen vaatiessa valmistetaan erillinen pisanerotinyksikkö (Separator) liitettäväksi höyrystimeen. Vahteruksen tuoteperheestä löytyy myös Combined- malli, jossa höyrystin ja pisanerotinyksikkö sijaitsevat saman vaipan sisällä. Kaskadi (Cascade) sovellus yhdistää höyrystimen ja lauhduttimen. Osa sovelluksista voidaan valmistaa myös avattavana mallina. Avattavassa lämmönsiirtimessä toinen tai molemmat päädyt voidaan avata ja levypakka vetää ulos esimerkiksi puhdistusta varten.



Kuva 8. Avattava lämmönsiirrin (Vahterus Oy, 2018)

5 SUUNNITTELUOHJE

Vahteruksen Plate & Shell- lämmönsiirtimet suunnitellaan räätälöidysti asiakkaan käyttötarkoituksen ja toivomusten mukaan. Suunnittelutyö tehdään lämmönsiirtimeen tilauksen mukana tulevien lähtöarvojen perusteella. Tilauksessa ilmoitettujen lämpötekniisten lähtöarvojen lisäksi muita lämmönsiirtimeen suunnittelussa tärkeitä lähtötietoja ovat:

- Lämmönsiirtimeen tyyppi
- Kokoluokka
- Siirrinlevyjen määrä ja -tyyppi
- Materiaalit
- Väliaineet
- Suunnittelu- ja käyttöpaine
- Suunnittelu- ja käyttölämpötilat
- Suunnittelukoodi

Lämmönsiirtimeen suunnittelu tehdään aina vaaditun suunnittelukoodin mukaan. Suunnittelukoodi määräytyy tavallisesti lämmönsiirtimeen kohdemaan mukaan, tai sijoituspaikan ollessa esimerkiksi laivassa. Suunnittelukoodi asettaa vaatimukset käytettäville materiaaleille, lujuuslaskennalle, sekä mahdollisille kolmannen osapuolen suorittamille tarkastuksille. Vahteruksella on lupa suunnitella, testata ja valmistaa paineastioita seuraavien suunnittelukoodien mukaan:

- Painelaitedirektiivi (PED), modulit B + D, D1, H, H1, G ja F
- ASME U- Stamp (American Society of Mechanical Engineers) + R- Stamp
- SELO (Kiina)
- KGS (Etelä – Korea)

Suunnittelija aloittaa lämmönsiirtimeen suunnittelun mitoittamalla siirtimeen tarvittavat osat ja keräämällä ne osaluetteloon. Paineenalaisia perusosia lämmönsiirtimessä ovat vaippa, siirrinpäädyt, vaippayhteet, vahvikelevyt, levypakka, levypakan pääty-yhteet, päätylaput, muhvit ja tulpat. Muita perusosia lämmönsiirtimessä ovat virtausohjaimet, siirtimeen jalat, kilpiteline ja nimikilpi, isku- ja jakolevy, nostokorvat ja -silmukat. Suunnitteluohjeen tehtävä on tarjota

lämmönsiirtimen osiin, niiden ominaisuuksiin ja valintaan liittyvä aineisto, josta suunnittelija voi tarpeen tullen tarkistaa tietoja tai etsiä vaihtoehtoisia menettelytapoja. Mittapiirustuksen laatiminen aloitetaan sen jälkeen, kun kaikki tarvittavat osat on kerätty osaluetteloon. Suunnitteluohje sisältää ohjeistusta mittapiirustuksen laadintaan liittyvistä erityishuomiota vaativista seikoista. Lähinnä ohjeistus koskee käytettävien piirustusarkkien valintaa, osakuvien piirtämistä, apukuvia, kuvantoja, detail- kuvia, sekä tärkeitä mainittavia mittoja. Lämmönsiirtimen osien piirtäminen kuvaan ja niiden asemoiminen toisiinsa nähden, jotta osien mitoitus tulevat oikein, huomioidaan suunnitteluohjeessa.

5.1 Uusi suunnitteluohje

Kuten edellä mainittu, suunnitteluohje toimii apuna ja taustatukena lämmönsiirtimien suunnittelutyössä. Suunnitteluohjeen tarkoitus on toimia samalla myös uusien työntekijöiden perehdytysmateriaalina. Yhtä lailla, kun suunnitteluohje avustaa uusia työntekijöitä lämmönsiirtimien suunnittelun alkutaipaleella, sen tulisi tarjota myös vanhemmille suunnittelijoille ajan tasalla olevaa yksityiskohtaista tietoa. Vahteruksen halu pysyä lämmönsiirrinteknologian kärkipaikoilla edellyttää jatkuvaa tuotekehitystä, testausta ja uusien sovellusten suunnittelua. Tuotekehityksellä on suora vaikutus lämmönsiirtimien suunnitteluun ja tuotantoon. Tämän seurauksena suunnitteluohje muuttuu ja uudistuu jatkuvasti.

Vanha suunnitteluohje on ollut perinteinen dokumentti sisällysluetteloineen. Yhden osa-alueen päivittäminen on vaatinut samalla koko ohjeen päivittämistä. Vanha suunnitteluohje on ollut olemassa nykyisessä muodossa useita vuosia, joten tietoa on poistettu, kirjoitettu yli ja päivitetty monta kertaa. Sen seurauksena ohjeen selkeys, luettavuus ja johdonmukaisuus eivät ole enää parhaimmillaan.

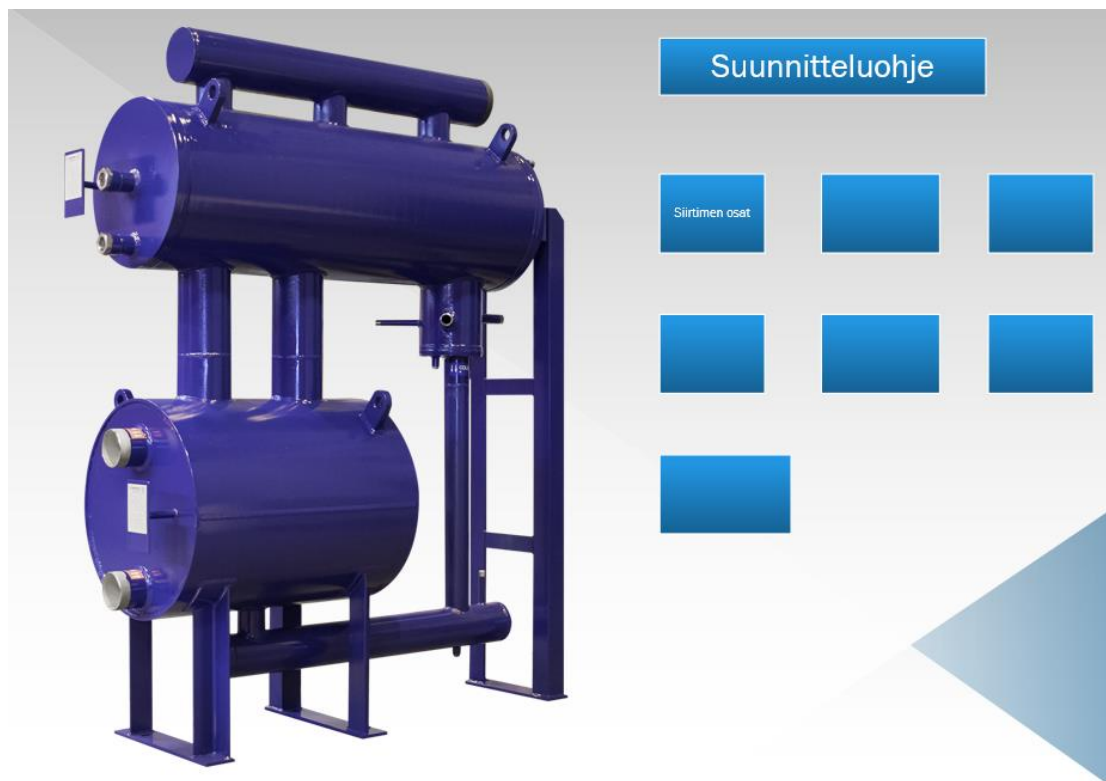
Suunnitteluohje on päätetty laatia uudestaan vastaamaan tämän hetken tarpeita. Erona vanhaan suunnitteluohjeeseen sisällön lisäksi on käyttöliittymä. Siinä missä vanha ohje on ollut perinteinen dokumentti, tulee uudesta suunnitteluohjeesta erityyppinen myös ohjeen käytettävyyden osalta. Uusi suunnitteluohje tulee Vahteruksen sisäiseen Intranet- verkkoon.

5.2 Microsoft Visio

Visio on Microsoftin Office- tuoteperheeseen kuuluva ohjelma. Visiolla on mahdollista luoda vuokaavioita, toimintaverkkoja, organisaatiokaavioita, pohjapiirroksia ja teknisiä suunnitelmia. Ohjelman käyttö on yksinkertaista ja onnistuu helposti sellaiseltakin henkilöltä, joka ei ole tottunut vastaavien ohjelmien kanssa työskentelemään. Microsoft Visio- ohjelmalla luodaan suunnitteluohjeen rakenne ja linkitykset tiedostojen välille. Aiheen kuvaketta klikkaamalla Visio avaa aiheeseen liittyvän aineiston luettavaksi. Haettavan tiedon tulee löytyä helposti ja rakenteen pitää olla johdonmukainen. Tieto ei saa hautautua liian monen valikon taakse. Ohjeen sisältöä suunniteltaessa on huomioitu ohjeen tarkoitus toimia myös perehdytysmateriaalina, siksi jokainen suunnitteluohjeeseen tuleva luku sisältää alussa lyhyen johdannon käsiteltävään aiheeseen.

5.3 Etusivu

Käynnistettäessä suunnitteluohje, ensimmäisenä aukeaa ohjeen etusivu. Etusivulla on ohjeen pääsisältö jaettuna omien kuvakkeidensa taakse. Siirtimen osat kuvakkeen takana on kaikki lämmönsiirtimen osia ja niiden suunnittelua koskeva aineisto.



Kuva 9. Suunnitteluohjeen etusivu (MS Visio / Vahterus Oy, 2018)

5.4 Siirtimen osat

Etsittäessä tietoa lämmönsiirtimen osiin liittyen, klikataan suunnitteluohjeen etusivulta ”siirtimen osat”- valikkoa. Suunnitteluohje avaa ”siirtimen osat”- päävalikon, jossa on jaettuna lämmönsiirtimen osat omissa valikoissaan. Klikattaessa osan kuvaketta, avautuu kyseisen osan dokumentti tarkasteltavaksi.



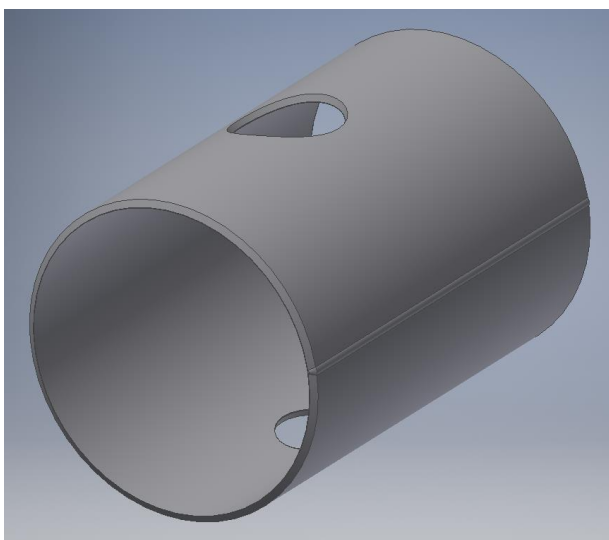
Kuva 10. Siirtimen osat- valikko (MS Visio / Autodesk Inventor, 2018)

5.4.1 Vaippa

Vaippa muodostaa lämmönsiirtimen rungon. Lujuuslaskelmissa lämmönsiirtimen vaippaa käsitellään paineastian ulkokuorena. Lämmönsiirtimen vaippa voidaan valmistaa putkesta tai levystä mankeloimalla. Levystä mankeloidun vaipan pituussauma hitsataan jauhekaarella ja sille tehdään tarvittavat NDT- tarkastukset. Yleisimmät vaippamateriaalit ovat P235GH, P265GH, P355NL2, SA333Gr6 ja 1.4404 / AISI 316L. Tarvittaessa on mahdollista käyttää muitakin materiaaleja tapauskohtaisesti.

Suunnitteluohjeessa kerrotaan vaipan suunnittelun kannalta tärkeitä asioita kuten materiaalien valintaan liittyvää asiaa, vaipan sisähalkaisijat eri kokoluokissa, tuotannon asettamat rajoitukset valmistettavuudelle, sekä hitsaamiseen liittyvää asiaa. Lämmönsiirtimen vaipan suunnittelua varten ohjeessa kerrotaan siirtimen rakenteen ja levypakan vaikutuksesta vaipan pituuden laskemiseen.

Lämmönsiirtimen toimintaan liittyviä asioita ovat vaippapuolen vedot ja miten ne suunnitellaan. Vetojen määrä on se kertojen määrä, minkä vaippapuolen väliaineen virtaus kulkee levypakan läpi. Vaippapuolen virtauksen ohjailuun tarvitaan rakenteellisia muutoksia. Suunnittelulämpötila ja väliaineet vaikuttavat tapaan, miten rakenne suunnitellaan.



Kuva 11. Lämmönsiirtimen vaippa (Autodesk Inventor, 2018)

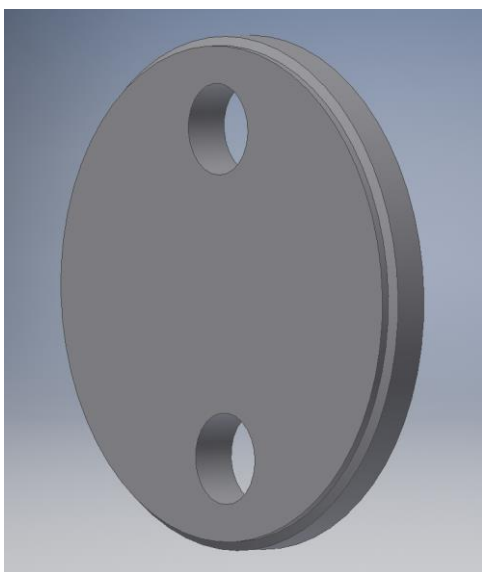
5.4.2 Siirrinpäädyt

Siirrinpääty on vaipan ohella osa paineastian ulkokuorta. Lämmönsiirtimen kokoonpanon jälkeen siirrinpäädyt hitsataan kiinni lämmönsiirtimen vaippaan. Käytössä olevia siirrinpäädytyyppejä on kaksi erilaista mallia. Upotettava malli asennetaan nimensä mukaan vaipan sisään ja hitsaaminen tapahtuu MAG- hitsauksena käsin, tai robotin avulla.

Toinen päätymalli (SA) asennetaan vaipan päähän jatkoksi muutaman millin upotuksella. Kehäsauma hitsataan yleensä jauhekaarella, pienemmät halkaisijat käsin MAG- hitsauksena, tai robotilla.

Päädyn malli on huomioitava siirtimen suunnittelussa. Kehäsauman hitsaaminen jauhekaarella tai robotilla edellyttää siirtimen pyörittämistä rullilla tai pyörityspöydällä. Siirtimessä ei saa olla rakenteita, jotka estävät vapaan pyörimisliikkeen tai rakenteet pitää voida liittää siirtimeen päätyjen hitsauksen jälkeen.

Suunnitteluohjeessa kerrotaan siirrinpäätyjen rakenteesta eri kokoluokissa ja sovelluksissa. Pääty-yhteiden lisäksi siirrinpäätyyn saattaa tulla muita yhdeputkia. Yhdeputkia varten siirrinpäätyyn koneistetaan tarvittavat reiät. Koneistettavat reiät mitoitetaan ja piirretään mittapiirustuksen lisäksi osakuvaan, jonka mukaan koneistaja osaa tehdä oman työnsä. Suunnitelmaan lisätään huomiot mahdollisista NDT-tarkastuksista, jotka tehdään siirrinpäädyn koneistuksen jälkeen perusmateriaalille.



Kuva 12. Siirrinpääty (Autodesk Inventor, 2018)

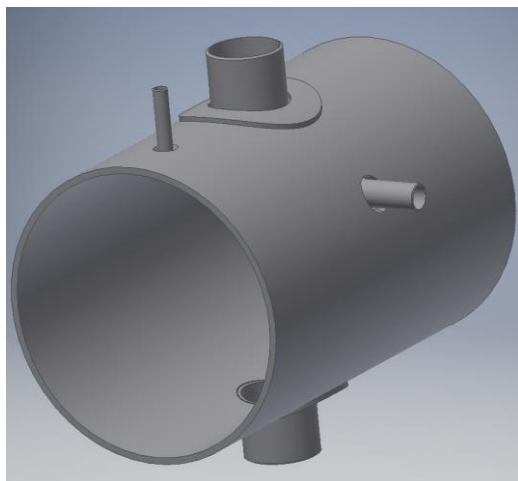
5.4.3 Vaippayhteet

Vaippayhteiden kautta johdetaan vaippapuolen virtaus vaippaan ja vaipasta ulos. Vaippayhteiden halkaisija, lukumäärä ja pituus vaihtelee asiakkaan tarpeiden ja lämmönsiirtimen sovelluksen mukaan.

Vaippayhteiden sijainnin suunnittelussa lämmönsiirtimen vaipassa tulee huomioida lujuuslaskennalliset rajoitukset. Vaippayhdettä varten vaippaan tehdään vastaavan kokoinen reikä, johon yhdeputki hitsataan läpihitsauksella. Paineastian ulkokuoressa reiällä on rakennetta heikentävä vaikutus. Tästä johtuen vaippayhde ei voi sijaita liian lähellä vaipan reunaa, tai toista yhdettä. Lujuuslaskelmissa tietty pituus vaippayhteen juuresta toimii aukkovahvistuksena. Pituus vaihtelee materiaalin, materiaalin paksuuden, putken halkaisijan, paineen ja lämpötilan mukaan. Tuon osuuden putkesta tulee olla ehjää ja keventämätöntä yhdeputkea.

Joissakin tapauksissa vaippayhteen juuressa käytetään vahvikelevyä tuomaan lisää aukkovahvistusta. Vahvikelevyjä on eri materiaalivehvuuksia ja kokoja. Tarvittava vahvikelevyn koko saadaan lujuuslaskennalla. Joissakin tapauksissa oikealla vahvikelevyn valinnalla on mahdollista vähentää vaipan materiaalivehvuudesta muutamia millijä ja saavuttaa näin säästöä hinnassa ja painossa.

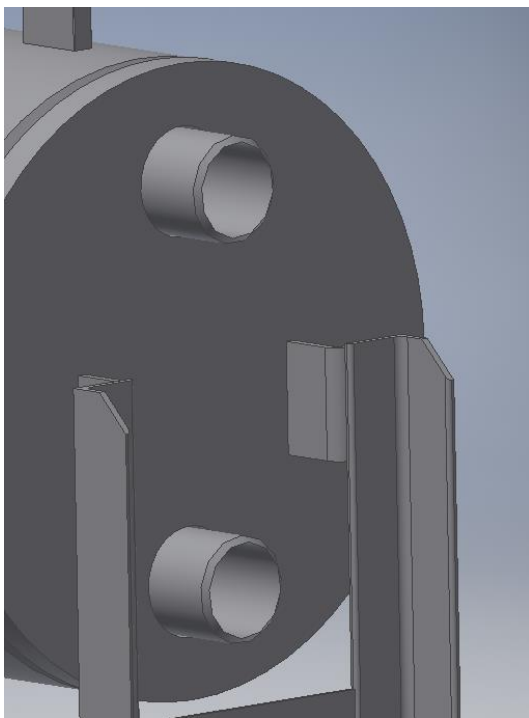
Vaippayhteisiin koneistetaan viisteet ja mahdolliset kevennykset putken seinämään. Koneistuksia varten lisätään tarvittavat tiedot suunnitelmaan. Kaikki paineastiat koeponnistetaan vedellä. Koeponnistuksen suoritustapaan vaikuttaa ensisijaisesti koepaineen suuruus. Eri koeponnistustavat ja niiden vaatimukset yhdeputkelle tulee huomioida suunnitelmaa tehtäessä.



Kuva 13. Vaippayhteet ja vahvikelevyt (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.4 Pääty-yhteet

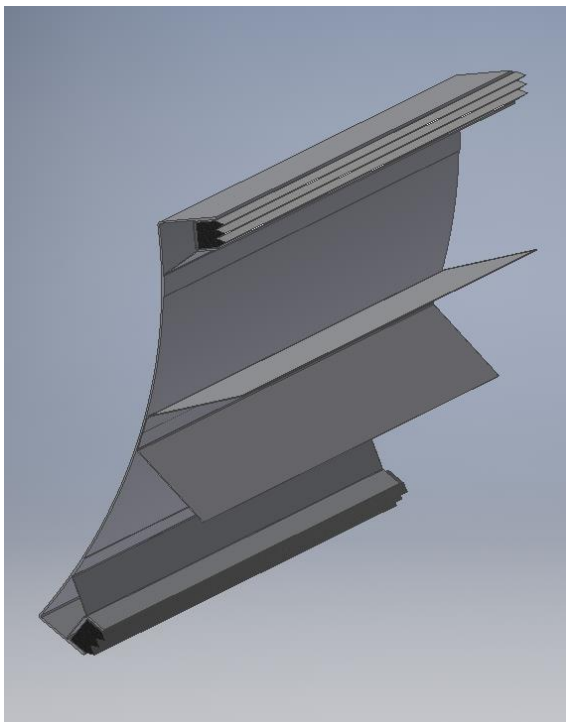
Pääty-yhteiden kautta ohjataan levypakan virtaus levypakkaan sisälle ja sieltä ulos. Pääty-yhteiden materiaali on sama, kuin levypakan siirrinlevyjen. Pääty-yhteitä suunniteltaessa on huomioitava lämmönsiirtimen rakenne ja sen vaikutus pääty-yhteiden pituuteen. Pääty-yhteen toinen pää hitsataan levypakkaan ja ulkopuolelta kiinni siirrinpäätyyn. Suunnittelupaine on sama levypakka- ja vaippapuolella. Pääty-yhteiden materiaalivahvuudet lasketaan lujuuslaskelmilla. Tarvittaessa suunnitellaan koneistukset pääty-yhteille ja merkataan tiedot suunnitelmaan. Koeponnistus tulee huomioida myös pääty-yhteiden suunnittelussa, koska levypakka koe ponnistetaan samaan tapaan, kuin vaippakin.



Kuva 14. Pääty-yhteet (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.5 Virtausohjaimet

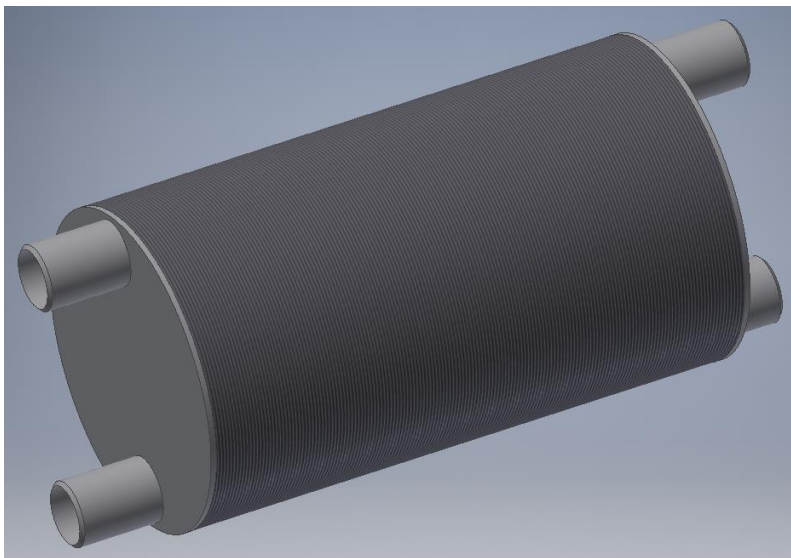
Virtausohjaimen tarkoitus on ohjata vaippapuolen virtaus levypakan läpi. Virtausohjaimen rakenteeseen kuuluu virtausohjainpelti ja tiivistemateriaalit. Virtausohjaimen suunnitteluun vaikuttaa lämmönsiirrinsovellus, suunnittelulämpötila ja vaippapuolen vetojen määrä. Lämmönsiirrinsovelluksella on merkitystä virtausohjaimen geometrian kannalta ja suunnittelulämpötila vaikuttaa tiivistemateriaalien valintaan. Suunnitteluohjeessa on kerrottu virtausohjaimien rakennevaihtoehdot ja materiaalien ominaisuudet, sekä niiden valinta kulloisenkin tilanteen mukaan.



Kuva 15. Virtausohjain (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.6 Levypakka

Lämmönsiirtimen toisen kammion muodostaa levypakka. Levypakka koostuu yhteen hitsatuista siirrinlevypareista, sekä levypakan päädyistä. Vaippapuolen virtaus kulkee virtausohjaimien ohjaamana levypakan läpi ja levypakan virtaus kulkee levypakan sisällä. Siirrinlevyjen halkaisija vaihtelee lämmönsiirtimen kokoluokan mukaan. Materiaalivaihtoehtoja on useita: 1.4404 / AISI 316L, 1.4539 / N08904 / AISI 904 L, 1.4547 / SMO 254 / UNS S31254, 1.4462 / 2205 / UNS S31803, Titaani Gr 1, Nikkeli / 2.4068 / N02201 / 201 ja Hastelloy C22 / 2.4602 / N06022. Tarvittaessa on mahdollista käyttää muitakin materiaaleja. Materiaali ja siirrinlevyn paksuus valitaan suunnittelupaineen ja väliaineen korroosio vaikutuksen perusteella. Levypakan virtaus voidaan ohjata kulkemaan useammin, kuin kerran levypakan läpi. Levypakan vetojen määrällä on vaikutusta lämmönsiirron tehokkuuteen ja virtausvastukseen. Suunnitteluohjeessa kerrotaan monivetoisen levypakan suunnittelusta ja vaikutuksesta lämmönsiirtimen rakenteeseen.

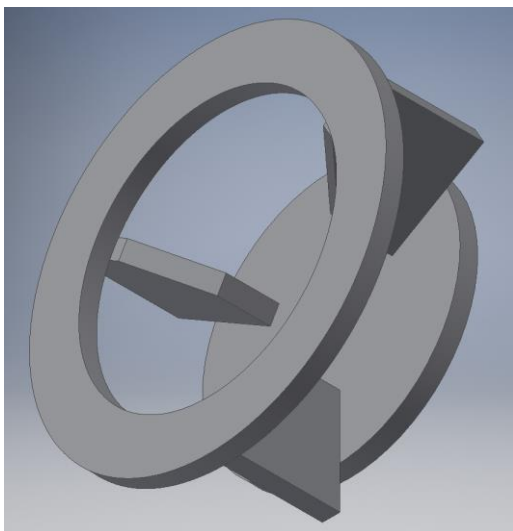


Kuva 16. Levypakka (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.7 Isku- ja jakolevy

Vesihöyryn joukossa kulkee pieniä vesipisaroita. Pisaroiden osuessa kovalla voimalla levypakkaan, pisarat voivat vaurioittaa sitä. Vesihöyrylauhduttimiin suunnitellaan iskulevy höyryn tuloyhteen sisälle. Iskulevyn tehtävä on estää pisaroita iskeytymästä suoraan levypakkaan hajottamalla vesihöyry ympäri vaippaa.

Kylmäpuolen lauhduttimiin höyryn tuloyhteen alapuolelle vaippaan suunnitellaan jakolevy. Jakolevy on haponkestävästä reikälevystä valmistettu osa, jonka tehtävänä on suojata levypakkaa jakamalla lauhduttimeen tuleva höyry suuremmalle alueelle. Suunnitteluohjeesta löytyy ohjeistus oikean isku- tai jakolevyn valintaan, sekä niiden sijoittaminen vaippayhteeseen tai vaippaan.

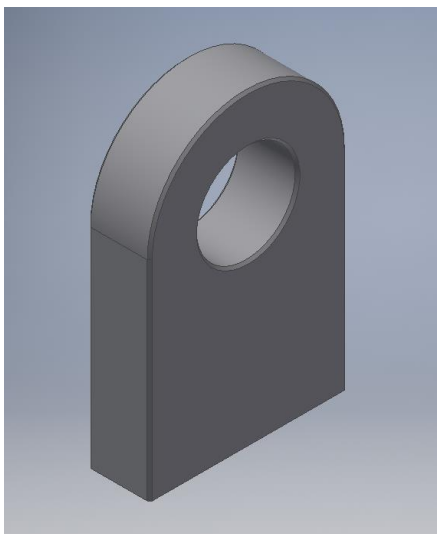


Kuva 17. Iskulevy (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.8 Nostokorvat ja -lenkit

Kaikki Vahteruksen valmistamat lämmönsiirtimet varustetaan nostokorvilla tai nostolenkeillä. Nostokorvia on olemassa kokoluokissa 0,3 t – 18 t. Nostokorvan materiaali valitaan sen materiaalin mukaan, johon nostokorva liitetään. Nostokorvat tulee sijoittaa symmetrisesti lämmönsiirtimeen ja huomioida nostovälineen esteetön reitti noston aikana. Nostokorvien sijainti ei saa olla sellainen, että noston aikana nostovälineet altistuvat teräville kulmille tai muulle leikkausjännitykselle.

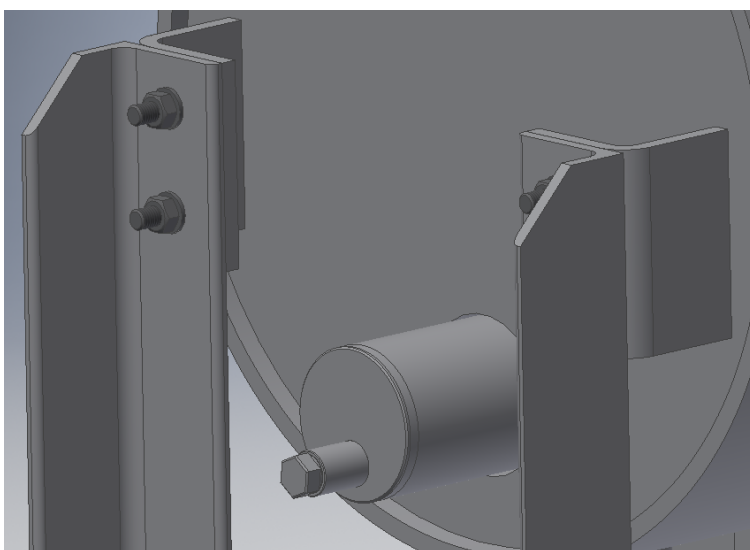
Lämmönsiirrin voidaan varustaa myös nostolenkeillä. Nostolenkki koostuu kahdesta osasta, lenkkiosasta ja hitsattavasta muhvista. Muhviosa hitsataan kiinni lämmönsiirtimeen ja nostolenkki kierretään siihen kiinni. Nostolenkkejä on saatavissa ruostumattomana ja hiiliteräksisenä. Suunnitteluohjeessa kerrotaan nostolenkkien nostokapasiteetit tavallisimmissa kiinnitystilanteissa ja nostokulmilla. Nostolenkkejä koskevat samat säännöt sijoittelun osalta, kuin nostokorviakin.



Kuva 18. Nostokorva (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.9 Muhvit ja tulpat

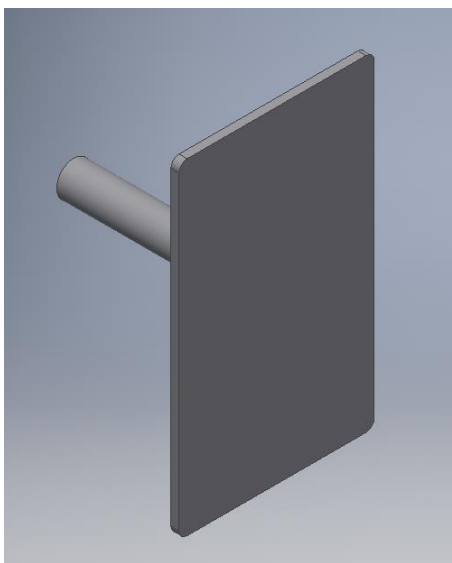
Lämmönsiirtimessä muhveilla voi olla erilaisia tarkoituksia. Muhviin on mahdollista kiinnittää kierrelitoksella olevia komponentteja, kuten antureita ja mittareita. Muhveja käytetään myös lämmönsiirtimessä tyhjennys ja ilmaustarkoituksiin. Muhvien koko vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan $\frac{1}{4}'' - 2''$ välillä. Muhvi voidaan hitsata lämmönsiirtimen vaippaan, tai yhdeputken päätylappuun. Muhvin kanssa suunnitelmaan lisätään aina saman kokoinen tulppa. Muhvien ja tulppien materiaali on aina haponkestävä teräs kiinni juuttumisen ehkäisemiseksi.



Kuva 19. Muhvi ja tulppa pääty-yhteessä (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.10 Kilpi ja kilpiteline

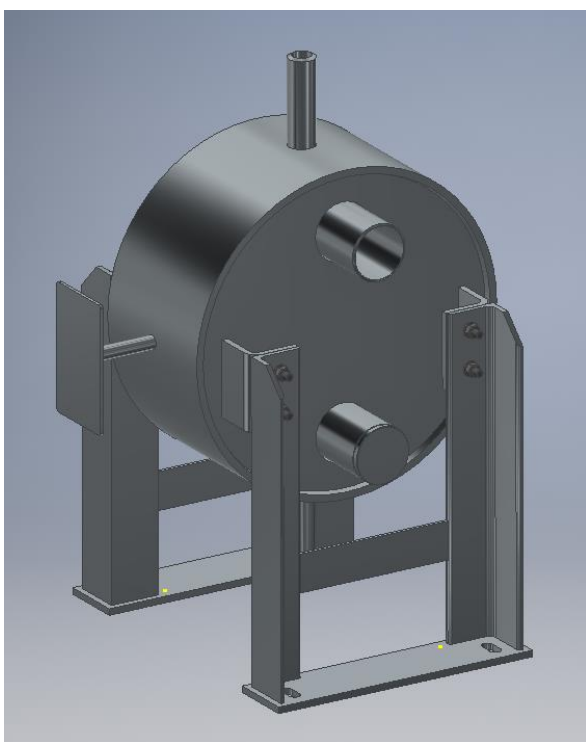
Kaikki Vahteruksen lämmönvaihtimet varustetaan kilpitelineellä ja kilvellä. Kilven materiaali on alumiini, kun kilpiteline on hiiliterästä. Haponkestävälle lämmönsiirtimelle valitaan haponkestävä teline ja kilpi. Kilpiteline malleja on muutamia erilaisia. Suunnitteluohjeessa on ohjeistus oikean kilpityypin valintaan.



Kuva 20. Kilpiteline (Autodesk Inventor, 2018)

5.4.11 Jalat

Jokaiseen Vahteruksen lämmönvaihtimeen suunnitellaan jalat, ellei erikseen ole tilattu lämmönsiirrintä ilman jalkoja. Lämmönsiirtimen jalkoja on kahta perustyyppiä, vaippajalkoja ja päätyjalkoja. Vaippajalat hitsataan lämmönsiirtimen vaipan alle. Vaippajalkoja käytetään painavissa lämmönsiirtimissä, tai rakenteen ollessa pitkä. Päätyjalkoja on kaksi erimallia, pultattava ja hitsattava. Lämmönsiirrin on mahdollista varustaa myös muun tyyppisellä kannake- tai tukirakenteella. Asiakkaan tarpeeseen suunnitellaan haluttu ratkaisu.



Kuva 21. Pultattava päätyjalka (Autodesk Inventor, 2018)

6 YHTEENVETO

Opinnäytettä aloitettiin tekemään heti vuodenvaihteen jälkeen. Ensimmäinen vaihe työn aloittamisessa oli vanhan suunnitteluohjeen tietojen käyminen läpi. Aika äkkiä selvisi, että vanha suunnitteluohje tarvitsi tietojen päivittämisen lisäksi paljon täydennystä joillakin osa-alueilla.

Uutta suunnitteluohjetta lähdettiin rakentamaan lämmönsiirtimen osiin ja niiden suunnitteluun liittyvien tietojen keräämisellä. Jokainen osa ja sitä koskeva ohjeistus tallennettiin omaan tiedostoonsa. Kun muutamaa lämmönsiirtimen osaa koskevat tiedot oli päivitettyinä ja täydennettyinä omissa tiedostoissaan, oli aika kokeilla MS-Visio-ohjelman toimintaa. MS-Visio osoittautui yksinkertaiseksi käyttää ja ohjelman käytössä pääsi helposti alkuun. MS-Vision avulla luotiin linkityksiä tiedostojen välille ja ohjelman käyttö uuden käyttöliittymän luomisessa suunnitteluohjeelle alkoi hahmottua.

Kun kaikki lämmönsiirtimen osat oli käyty läpi ja uutta suunnitteluohjetta rakennettu pidemmälle, kävi selväksi meneillään olevan työn laajuus kokonaisuudessaan. Koko suunnitteluohje opinnäytetyön aiheena tulisi olemaan liian laaja kokonaisuus, joten tuli ajankohtaiseksi pohtia opinnäytetyön aihealueen rajaamista johonkin tiettyyn alueeseen. Päätettiin rajata opinnäytetyön sisältö lämmönsiirtimen perusosiin ja niiden suunnitteluun.

Kokonaisuudessaan suunnitteluohjeen rakentaminen valmiiksi ja ohjeen kaikkien tietojen päivittäminen jatkuu tämän opinnäytteen valmistumisen jälkeen ja valmista pitäisi olla alkusyksyllä 2018. Työn edetessä on käynyt selväksi suunnitteluohjeen päivittämisen tarpeellisuus ja MS-Visiolla luodun uuden käyttöliittymän tarjoamat mahdollisuudet ja hyödyt verrattuna vanhaan dokumenttitiedostoon.

LÄHTEET

Fagerholm, N.-E. 1986. Termodynamiikka. Helsinki: Otatieto Oy.

Hautala, M. & Peltonen, H. 2001. Insinöörin (AMK) Fysiikka osa 1. 6. painos. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.

Salminen, R. & Pihkala, J. 1980. Prosessitekniikan yksikköprosessit. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Serth, R. W. 2007. Process Heat Transfer: principles and applications. Burlington, MA, USA: Academic press.

Wagner, W. 1994. Lämmönsiirto. 2. painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Vahterus Oy www- sivut. Viitattu 18.4.2018. <http://www.vahterus.com>

Wiksten, R. 1995. Lämpövoimaprosessit. Helsinki: Otatieto Oy

